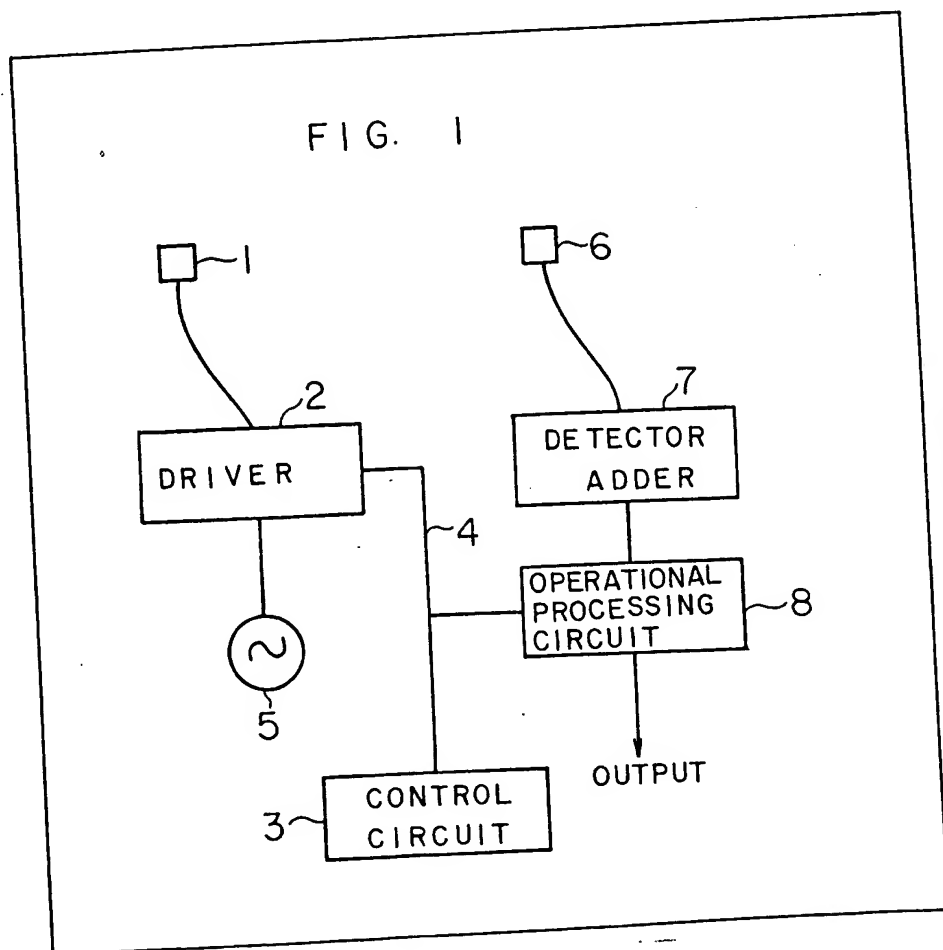


- (21) Application No 8317120  
 (22) Date of filing 23 Jun 1983  
 (30) Priority data  
 (31) 57/110263  
 (32) 27 Jun 1982  
 (33) Japan (JP)  
 (43) Application published  
 29 Feb 1984  
 (51) INT CL<sup>3</sup>  
 G01B 7/14  
 (52) Domestic classification  
 G1N 1A3A 1A3B 1D6 1D7  
 3S1B 3S4 4E 7N ACN  
 (56) Documents cited  
 GB 1582409  
 GB 1577515  
 GB 1222342  
 GB 1073235  
 EP A1 0028397  
 EP A1 0021906  
 (58) Field of search  
 G1N  
 (71) Applicant  
 Tsutomu Kouno,  
 8-104 8-ban 6-chome,  
 Tsurukawa, Machida-shi,  
 Tokyo, Japan  
 (72) Inventor  
 Tsutomu Kouno  
 (74) Agent and/or Address for  
 Service  
 Lucas George & Co.,  
 135 Westhall Road,  
 Warlingham, Surrey  
 CR3 9HJ

(54) Distance measuring sensor

(57) A distance measuring sensor comprising a magnetic field generator 1, first, second, and third converters near one another at a position 6 to convert magnetic field to voltage, the magnetic field being generated through the magnetic field generator, and a detector, adder and operational processing circuit, wherein the outputs of the converters are applied to the detector to get data relating to the distance between the magnetic field generator 1 and the converters 6.

in the embodiment the magnetic field generator and the converter assembly each comprise three members arranged on mutually orthogonal magnetic axes. A first generator member is energized, and a signal induced in each of the three converter members is squared and stored. The same is repeated when the second and third generator members are energised in turn. The nine squares thus stored are summed; and the reciprocal of the sixth root of the sum is determined, as being a linearly function of the distance between the generator 1 and the converters 6.



BEST AVAILABLE COPY

GB 2 125 168 A

FIG. 1

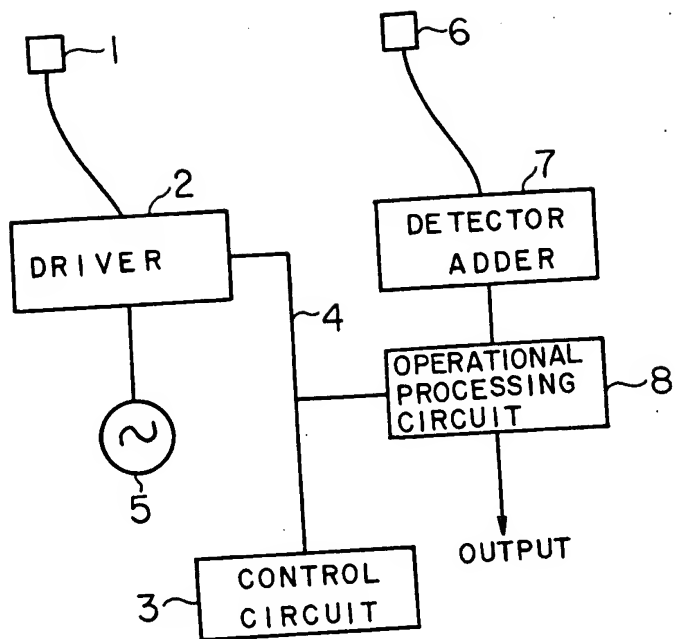


FIG. 2

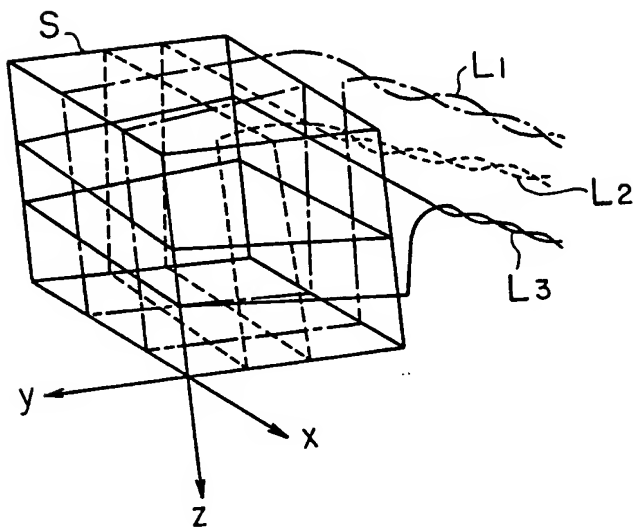


FIG. 3

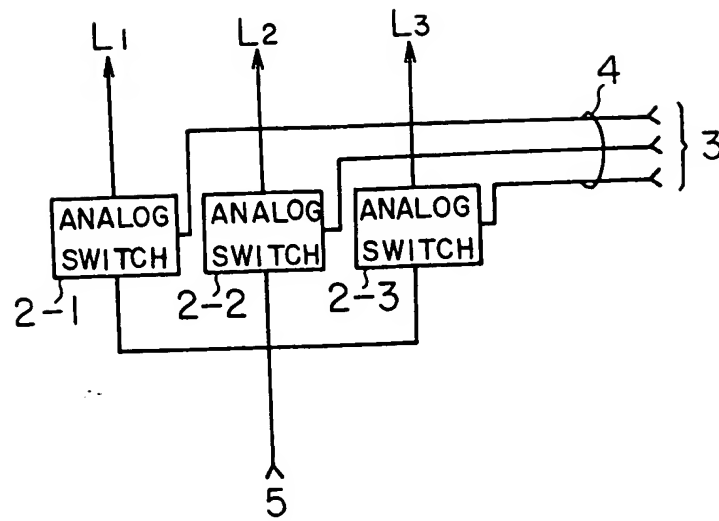


FIG. 4

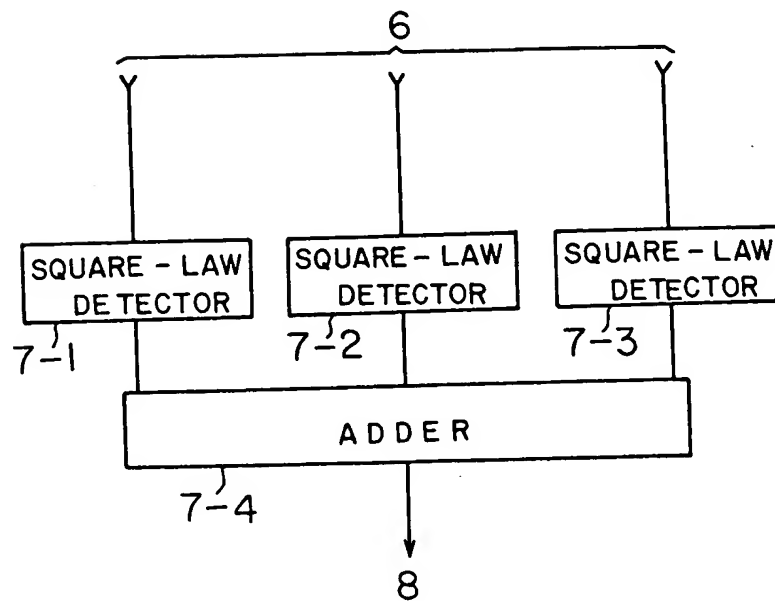
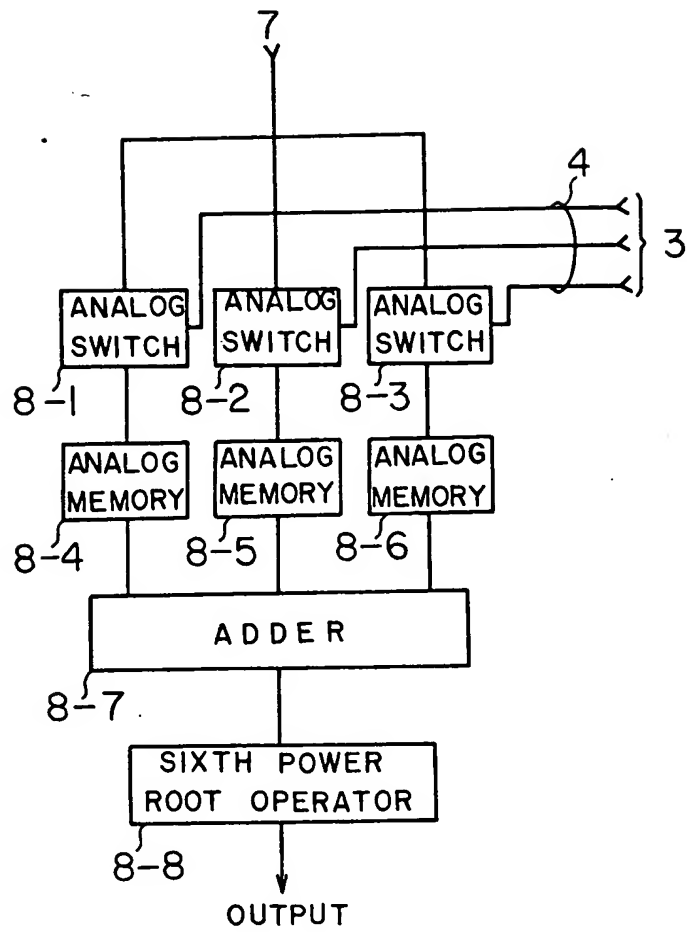
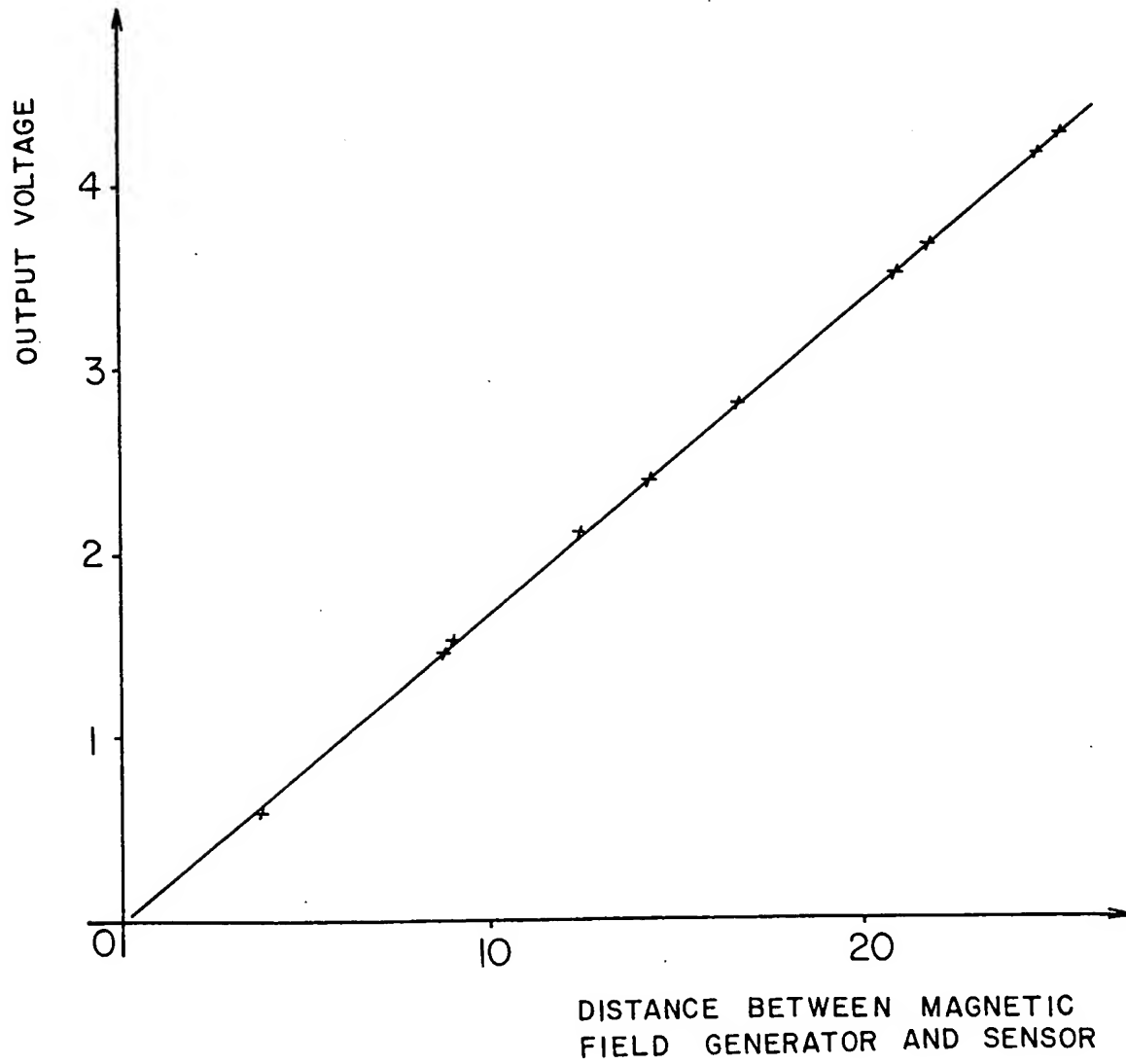


FIG. 5



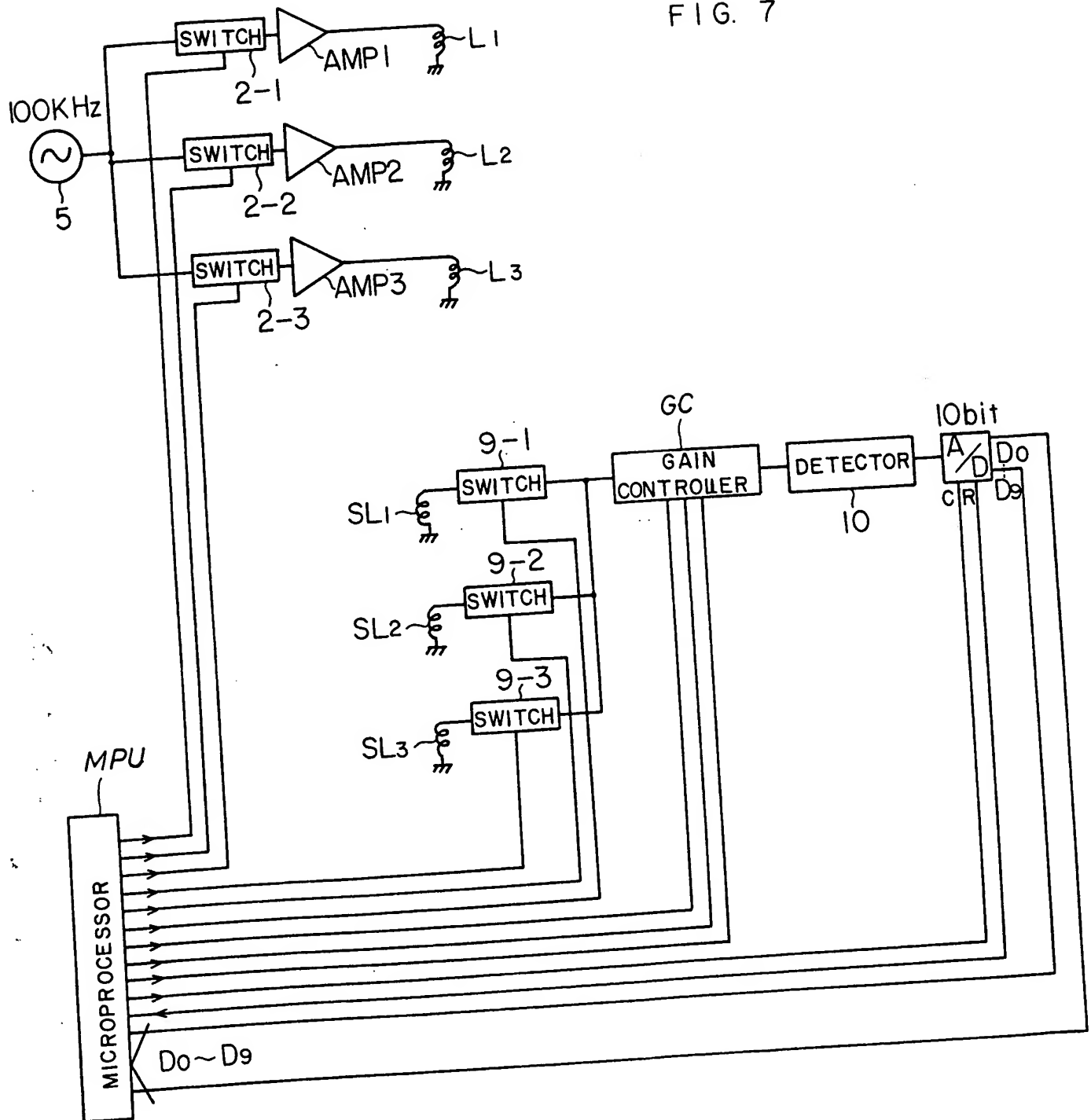
4/5

FIG. 6



5/5

FIG. 7



## SPECIFICATION

### Distance-measuring sensor

#### BACKGROUND OF THE INVENTION

The present invention relates to a device for measuring the distance between two points.

Various sensors have been developed along with the progress of micro-computers. Among these sensors are included the one for measuring the distance between two points.

The distance is conventionally measured by the angle of a rotary encoder rotated, the encoder being arranged, as a distance-measuring sensor, at a point where two sides are crossed like compasses. Assuming that the length of one side of the compasses is  $l$ , the distance can be lead from  $2 l \sin \theta/2$  wherein  $\theta$  represents the angle formed by two sides of the compasses.

The distance is also measured using the capacity of electrodes arranged at both ends of the distance to be measured. Assuming that electrodes area is  $s$  and that the distance is  $d$ , the capacity  $c$  becomes equal to  $\epsilon s/d$  wherein  $\epsilon$  represents the dielectric constant of dielectrics present between the electrodes. The distance  $d$  can be obtained from this equation  $c = \epsilon s/d$ .

The distance-measuring sensor like compasses was limited in use because it specified two points mechanically. The other method of using electrodes capacity was likely to be influenced under circumstances, thus making errors because of humidity, position of measuring person and so on.

#### SUMMARY OF THE INVENTION

The present invention is therefore intended to eliminate the drawbacks and the object of the present invention is thus to provide a distance-measuring sensor capable of measuring the distance between two points through the degree of magnetic coupling, and comprising at least one magnetic field generator means for generating magnetic field, first, second and third transformer means arranged in the vicinity of said magnetic field generator means to transform magnetic field generated through the magnetic field generator means to voltage, and an operational means, wherein outputs of said transformer means are applied to the operational means to obtain distance data from the magnetic field generator means as well as from the transformer means.

#### BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

Fig. 1 is a block diagram showing a first embodiment of the present invention.

Fig. 2 shows the construction of magnetic field generating and sensor coils.

Fig. 3 is a block diagram showing a driver.

Fig. 4 is a block diagram showing detectors.

Fig. 5 is a block diagram showing an operational process circuit.

Fig. 6 shows a characteristic curve relating to distances and output voltages of the operational means.

Fig. 7 is a circuit diagram showing a second embodiment of the present invention.

#### DETAILED DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

Fig. 1 is a circuit diagram showing a first embodiment according to the present invention. A magnetic field generator 1 consists of coils for generating magnetic field in three directions. Fig. 2 shows the structure of coils which form the magnetic field generator 1. Each of coils L1—L3 is wound twice around a cube  $s$  to generate magnetic field in three directions. Coils L1—L3 serve to generate magnetic field along axes  $x$ ,  $y$  and  $z$ . The magnetic field generator 1 is connected to a driver 2, which selects the coils L1—L3 through a signal line 4 extending from a control circuit 3, to output alternating signals obtained from an oscillator 5. Fig. 3 is a circuit diagram showing a driver. Inputs of analog switches 2—1 — 2—3 are connected to the oscillator 5 while the control line 4 to the control circuit 3. Outputs of the analog switches 2—1 — 2—3 are connected to the coils L1, L2 and L3 of the magnetic field generator 1. The analog switches 2—1 — 2—3 selected through the control line 4 are turned on to output alternating signals of the oscillator 5. A sensor 6 has coils SL1—SL3 same in structure as those L1, L2 and L3 of the magnetic field generator 1 shown in Fig. 2, and serves to detect magnetic field in three directions.

Outputs of the sensor 6 are applied to a detector adder 7, which serves to square-law detect and add signals obtained from the sensor 6. Fig. 4 shows a circuit arrangement of the detector adder 7. Signals through the coils SL1—SL3 of the sensor 6 are applied to square-law detectors 7—1 — 7—3 and square-law detected there. Detected signals of the square-law detectors 7—1 — 7—3 are applied to an adder 7—4 and added there. Output of the adder 7—4 becomes proportional to a value obtained by squaring the maximum scalar quantity of alternating-current magnetic field vector at the position of the sensor 6.

Outputs of the detector adder 7 are applied to an operational process circuit 8, which functions to add the outputs of the detector adder 7, said outputs being obtained through magnetic field generated by each of the magnetic field generating coils L1—L3. Fig. 5 is a circuit diagram showing the operational process circuit 8.

Responsive to the switching operation of each of analog switches 2—1 — 2—3 of the driver 2,

analog switches each of analog switches 8—1 — 8—3 is turned on. Outputs of the analog switches 8—1 — 8—3 are applied to analog memories 8—4 — 8—6. For example, when the analog switch 8—1 is turned on responsive to the switching operation of the analog switch 2—1 of the driver 2, the analog switch 8—2 is turned on responsive to the switching operation of the analog switch 2—2, and the analog switch 8—3 is turned on responsive to the switching operation of the analog switch 2—3, outputs of the detector adder 7 obtained from magnetic field generated through the magnetic field generating coils L1—L3 are stored in the analog memories 8—4 — 8—6, respectively.

Outputs of the analog memories 8—4 — 8—6 are applied to and added in an adder 8—7.

Namely, values each proportional to the square of each of scalar quantities, at the position of the sensor 6, of magnetic field generated in three directions through the magnetic field generating coils L1—L3 are added.

Output of the adder 8—7 is applied to a sixth power root operator 8—8, which serves to get the sixth power root of input signal and to output its reciprocal or inverse or reverse number. Fig. 6 is a characteristic curve showing the relation of distance between the magnetic field generator 1 and the sensor 6 relative to output voltage of the operator 8—8. The relation changes substantially linear. Namely, output voltage of the operational process circuit 8 is proportional to the distance between the magnetic field generator 1 and the sensor 6. Oscillation frequency of the oscillator 5 is 100 kHz. The sensor and the magnetic field generator are changed in direction at each of points. Referring to the first embodiment of the present invention shown in Fig. 1, detailed description will be made to signals.

It is assumed that amplitude values of alternating signal outputs of sensor coils SL1, SL2 and SL3 are V11, V12 and V13 when outputs of the oscillator whose oscillation frequency is 100 kHz are applied to the coil L1 of the magnetic field generator. These outputs V11, V12 and V13 are applied to and detected and then squared in the square-law detectors 7—1, 7—2 and 7—3. Namely, outputs of the square-law detectors 7—1, 7—2 and 7—3 become  $V11^2$ ,  $V12^2$  and  $V13^2$ . These signals are added by the adder 7—4 to output  $V11^2 + V12^2 + V13^2$ . When output of the oscillator 5 is applied to the coil L1, the analog switch 8—1 is turned on, thus allowing the data  $V11^2 + V12^2 + V13^2$  to be stored in the analog memory 8—4. It is then assumed that amplitude values of alternating signal outputs of the sensor coils SL1, SL2 and SL3 are V21, V22 and V23 when output of the oscillator is applied to the coil L2 of the magnetic field generator. These outputs V21, V22 and V23 are similarly square-law detected by the square-law detectors 7—1, 7—2 and 7—3 and then added by the adder 7—4, whose output becomes  $V21^2 + V22^2 + V23^2$ . Since the analog switch 8—2 is turned on this time, the data  $V21^2 + V22^2 + V23^2$  is stored in the analog memory 8—5. Providing that outputs of the sensor coils SL1, SL2 and SL3 are V31, V32 and V33 when output of the oscillator is applied to the coil L3 of the magnetic field generator,  $V31^2 + V32^2 + V33^2$  is stored in the analog memory 8—6.

Outputs of the analog memories 8—4, 8—5 and 8—6 are applied to the adder 8—7 so that output of the adder 8—7 becomes  $V11^2 + V12^2 + V13^2 + V21^2 + V22^2 + V23^2 + V31^2 + V32^2 + V33^2$ . This output is treated by the sixth power root operator 8—8 to get its sixth power root, which is then to become reciprocal or inverse in number. Output OUT of the adder 8—8 is thus formulated as follows:

$$OUT = \frac{1}{\sqrt[6]{V11^2 + V12^2 + V13^2 + V21^2 + V22^2 + V23^2 + V31^2 + V32^2 + V33^2}}$$

All of the above-described circuits are intended to make operational treatment about inputs so as to output their resultants as voltage values. These outputs are thus multiplied by specified constants, but these constants are here assumed to be one for the clarity of description. Namely, the axis of ordinates in Fig. 6 also represents voltage values.

Fig. 7 shows a second embodiment of the present invention. Outputs of the oscillator 5 whose oscillation frequency is 100 kHz are applied to the analog switches 2—1, 2—2 and 2—3. Their outputs are amplified by amplifiers AMP1, AMP2 and AMP3 to drive the coils L1, L2 and L3, which are same in construction as those shown in Fig. 2. Control terminals of the analog switches 2—1, 2—2 and 2—3 are connected to a micro-processor unit MPU. The coils SL1, SL2 and SL3 of the sensor are connected to the analog switches, respectively. Similarly to the coils L1, L2 and L3, these coils SL1, SL2 and SL3 are same in construction as those shown in Fig. 2. Outputs of the analog switches 9—1, 9—2 and 9—3 are applied to a gain controller GC. Control terminals of the analog switches 9—1, 9—2 and 9—3 are connected to the micro-processor unit MPU. Output of the gain controller GC is connected to a detector 10, while control terminals thereof are connected to the micro-processor unit MPU. Output of the gain controller GC is applied to a 10-bit analog/digital converter A/D through the detector 10, which serves to convert AC voltage to DC voltage and to run peak detection, for example. Data outputs of the analog/digital converter A/D are applied to the micro-processor unit MPU. The analog switch 2—1 is turned on through the micro-processor unit and alternating-current magnetic field of 100 kHz is generated through the coil L1. This magnetic field is coupled to the sensor coils SL1, SL2 and SL3, through which are generated alternating-current voltages. The analog switch 9—1 is turned on through the micro-processor unit and voltage caused through the coil SL1 is measured. Voltage generated



through the coil SL1 is of alternating current, amplified by the gain controller GC and applied to the analog/digital converter A/D through the detector 10. The analog/digital converter A/D starts its converting process when its terminal C receives signal from the micro-processor unit MPU, and applies signal, which represents measure finish, to the micro-processor unit MPU through its terminal R. When 10-bit outputs of the analog/digital converter A/D are not in a specified range, the micro-processor unit MPU changes a gain of the gain controller GC to bring these outputs into the specified range. The gain controller GC has a three-stage amplifier and changes every 8 times in a range of  $1 - 8 \times 64 \times 512$  responsive to control signals applied from the micro-processor unit MPU. Namely, one of 1, 8, 64, 512, 4096, 32768, 262144 and 2097152 is selected. When output D of the analog/digital converter A/D is between "0001111111" and "111111110" (binary), gain of the gain controller GC is the optimum. If it is small, the gain is made larger. If the gain is 512 and the output of the analog/digital converter A/D is "0001011010", the gain is made 4096. As the result, the output of the analog/digital converter A/D becomes "1011010xxx" wherein the digit x represents either "0" or "1". If the output is "1111111111", the gain is made 64 and measurement is made again through the analog/digital converter A/D. When the resultant obtained by the re-measurement is in the specified range, it is picked up by the micro-processor unit MPU. If the output is still "1111111111", the gain is made smaller and operation similar to that already described above is repeated.

This operation enables mantissa portion to be obtained through the analog/digital converter A/D and index portion to be obtained through the gain controller GC.

The operation described above is similarly made on the sensor coils SL2 and SL3.

Further, the analog switch 2—2 is turned on to drive the coil L2 and the operation is also carried out. Furthermore, the analog switch 2—3 is turned on to drive the coil L3 and the operation is also carried out. More than two of the analog switches 2—1, 2—2 and 2—3 are not turned on simultaneously. Similarly, more than two of the analog switches 9—1, 9—2 and 9—3 are not turned on simultaneously. The operation described above enables the micro-processor unit MPU to get nine data. The micro-processor unit MPU squares each of nine data, adds them, calculates the sixth power root of the resultant, and gets its reciprocal or inverse number, thus enabling the distance between the magnetic field generator 1 and the sensor 6 to be obtained. Since data gained become different depending upon the number of turns and the bulkiness of coils of the magnetic field generator 1 and of the sensor 6, they must be multiplied by a proportional constant obtained.

The micro-processor unit MPU outputs necessary data (not shown). They can be displayed using an eight-segment LED, for example.

The above-described embodiments of the present invention employ coils as the sensor, but Hall elements and the like may be used. When Hall elements are used, magnetic field generated through the magnetic field generator may be of direct current. The coils employed here in the present invention are hollow, but the ones provided with cores may be used to enhance their sensitivity.

Three magnetic field generators are employed in the preferred embodiment, intending to make smaller the error which varies depending upon in what direction the magnetic field generators are directed, but one magnetic field generator may be allowed. If the magnetic field generators are increased in number, say, six or twelve, more accuracy can be guaranteed in measurement.

As described above, the present invention enables the distance between two points in a cube or in three dimensional space to be obtained. Preferred embodiments further enable a certain value to be obtained independent of the direction in which the sensors and the generators are directed.

#### CLAIMS

1. A distance measuring sensor comprising at least one magnetic field generator means for generating magnetic field, first, second and third converter means arranged near one another to convert magnetic field to voltage, said magnetic field generated through the magnetic field generator means, and an operational means, wherein, in use, outputs of the converter means are applied to the operational means to get data relating to those distances which are between the magnetic field generator means and the converter means.

2. A distance measuring sensor comprising first, second and third magnetic field generator means arranged near one another to generate magnetic fields, first, second and third converter means arranged near one another to convert magnetic fields generated through the magnetic field generator means to voltages, and an operational means, wherein, in use, magnetic field generated by the first magnetic field generator means is converted to voltages through the first, second and third converter means, magnetic field generated by the second magnetic field generator means is converted to voltages via the first, second and third converter means, magnetic field generated by the third magnetic field generator means is converted to voltages through the first, second and third converter means, and the voltage values thus obtained through the first, second and third converter means are operationally processed by the operational means to get data relating to those distances which are between the first, second, third magnetic field generator means and the first, second, third converter means.

3. A distance measuring sensor according to claim 2 wherein each of the first, second and third magnetic field generator and converter means consists of a coil wound in mutually perpendicular planes around a sphere or cube.

4. A distance measuring sensor according to claim 2 or 3, wherein magnetic fields generated through the first, second and third magnetic field generator means are of alternating current, the operational means comprises detectors, squaring units, an adder and a function generator, voltages obtained through the first, second and third converter means are detected by the detectors, outputs of the detectors are added by the adder, and outputs of the adder is applied to the function generator.

5. A distance measuring sensor according to claim 4 wherein the function generator consists of a sixth power root converting circuit and a reciprocal number converting circuit so that the output of the adder may be converted to sixth power root by means of the sixth power root converting circuit and that output of the sixth power root converting circuit may be converted to reciprocal number by means of the reciprocal number converting circuit.

6. A distance measuring sensor according to claim 2 or 3, wherein the operational means consists of analog/digital converter means and a micro-processor.

7. A distance measuring sensor comprising an oscillator means for generating alternating current, first, second and third coils arranged near and mutually perpendicular to one another first, second and third switching means for applying output of said oscillator means to the coils, first, second and third converter means arranged near and mutually perpendicular to one another to convert magnetic fields generated through the coils to voltages, a detector means for detecting outputs of said converter means, first, second and third squaring means for squaring output of said detector means, a first adder means for adding outputs of said first, second and third squaring means, first, second and third memory means, a second adder means for adding outputs of said first, second and third memory means, an operational means for raising output of said second adder means to the one sixth power and converting the resultant to a reciprocal number or converting output of said second adder means to a reciprocal number and raising the reciprocal number to the one sixth power, and a control means, wherein, in use, said control means causes the first switching means to be turned on to store output of said first adder means in the first memory means, the second switching means to be turned on to store output of said first adder means in the second memory means, and the third switching means to be turned on to store output of the first adder means in the third memory means, so that distances between the first, second and third magnetic field generator means and the first, second and third converter means may be measured.

**Reference 5**

Partial Translation:

Japanese Patent Application laid open No. S63-076484

Title of the invention: Method for Manufacturing Semiconductor  
Pressure Sensor

Application No.: S61-221451  
Filing Date : September 19, 1986  
Publication Date: April 6, 1988  
Inventor : Yukie SUZUNO et al.,  
Applicant : Komatsu Ltd.

A lot of structures of semiconductor pressure sensor are proposed. Among them, the most well known type is configured such that a diaphragm 101 comprising diffused layer 101a functioning as a pressure-sensitive resistor is bonded and fixed to a pedestal 102 as shown in Fig.3. In Fig.3, a numeral 103 indicates a bonding layer.

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭63-76484

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和63年(1988)4月6日

H 01 L 29/84  
21/306

B-6819-5F  
B-8223-5F

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑮ 発明の名称 半導体圧力センサの製造方法

⑯ 特 願 昭61-221451

⑰ 出 願 昭61(1986)9月19日

⑱ 発 明 者 鈴 野 幸 江 神奈川県茅ヶ崎市松ヶ丘1-5-38  
⑲ 発 明 者 田 渕 俊 宏 神奈川県平塚市横内1985-1  
⑳ 出 願 人 株式会社小松製作所 東京都港区赤坂2丁目3番6号  
㉑ 代 理 人 弁理士 木村 高久

# 明 細 書

## 1. 発明の名称

半導体圧力センサの製造方法

## 2. 特許請求の範囲

センサ部とシリコン薄膜部で構成し、このシリコン薄膜部内にピエゾ抵抗素子を形成してなる半導体圧力センサの製造方法において、

出発材料として、シリコン基板表面に絶縁層として窒化膜又は酸化膜を形成すると共に多結晶シリコン薄膜を形成してなるSOI (Silicon On Insulator)基板を準備する工程と、

前記多結晶シリコン薄膜内に選択的に不純物を注入し不純物領域を形成する工程と、

該不純物領域内を選択的にアニールし結晶化して感圧抵抗層を形成する工程と、

前記抵抗層をエッチング停止層として、前記SOI基板の所定の領域をシリコン基板側から異方性エッチングにより選択的にエッチングすること

により、前記シリコン薄膜部を形成するエッチング工程とを含むことを特徴とする半導体圧力センサの製造方法。

(2) 前記窒化膜は、窒化シリコン(Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)からなることを特徴とする特許請求の範囲第(1)項記載の半導体圧力センサの製造方法。

(3) 前記窒化膜は、窒化ホウ素(BN)からなることを特徴とする特許請求の範囲第(1)項記載の半導体圧力センサの製造方法。

(4) 前記酸化膜は、酸化シリコン(SiO<sub>2</sub>)からなることを特徴とする特許請求の範囲第(1)項記載の半導体圧力センサの製造方法。

(5) 前記異方性エッチング工程は、水酸化カリウム(KOH)をエッチャントとする工程であることを特徴とする特許請求の範囲第(1)項乃至第(4)項のいずれかに記載の半導体圧力センサの製造方法。

## 3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、半導体圧力センサの製造方法に係り、特に所望の形状のシリコン薄膜層上にピエゾ抵抗素子を形成してなる半導体圧力センサの製造に関する。

〔従来技術およびその問題点〕

半導体技術の進歩に伴い、シリコンやゲルマニウム等の半導体のもつピエゾ抵抗効果を利用した半導体圧力センサが、近年注目されてきている。

半導体圧力センサにはいろいろな構造が提案されているが、なかでも最も広く用いられているのは、第3図に示す如く、感圧抵抗層としての拡散層101aを具えた単結晶シリコンからなるダイアフラム101を台座102に接着固定したダイアフラム型の圧力センサである。ここで103は接着層を示している。

この圧力センサは、ダイアフラムが圧力を受けて歪を生じることにより発生する抵抗値の変化を検出するものである。従って圧力に応じて正しい歪を発生するようなダイアフラムを形成する必要がある。このため、ダイアフラムの厚さtは均一

この方法では、出発材料としてのシリコン基板の厚さやムラやエッチング液の劣化等により、ダイアフラムとなる肉厚部の厚さを精度良く形成するのは困難であった。

また、第5図(a)に示す如く、n型シリコン基板200の表面にp+型シリコン層201を形成した後、エピタキシャル成長法により、(1型の)シリコン薄膜層202をエピタキシャル成長せしめることによって形成したものを出発材料とし、該p+型シリコン層をエッチング停止層として用いる方法がある。この方法では、まずこのシリコン薄膜層202内に拡散層202aや電極(図示せず)等を形成する。そして前記と同様にして表面をレジストRで被覆すると共に表面をレジストRのパターンで被覆した後、第5図(b)に示す如く裏面側からエッチング停止層としてのp+型シリコン層201が露呈するまでエッチングを發行するという方法がとられる。

しかしながら、この方法でも、p+型シリコン層とn型シリコン基板とのエッチング選択比はせ

である必要があり、又、設計値通りの厚さである必要がある。

製造に際しては、通常、次のような方法がとられる。まずシリコン基板内に感圧抵抗層としての拡散層101aあるいは電極(図示せず)等を形成した後、前記シリコン基板表面をレジストで被覆保護すると共に、裏面にレジストRのパターンをホトリソ法によって形成する。(第4図(a))

そして、この後、水酸化カリウム(KOH)をエッチング液として使用して、シリコン基板を裏面側からエッチングし、ダイアフラムとしての肉厚部を形成する。(第4図(b))

ここでこのダイアフラムの厚さは圧力センサの性能を大きく左右するものであるため、エッチング精度も高めるためにいろいろな工夫がなされている。

例えば、使用するエッチング液に対するエッチングレートに基づき、エッチング所要時間を算出し、これに従ってエッチング量(深さ)をコントロールする方法が用いられる。

いざい10~20程度であるため、エッチング時間のずれの許容度が小さい。また、p+型シリコン層の成長時に、オートドーピングによりシリコン基板表面に不純物が拡散し、p+型シリコン層とn型シリコン層との界面が移動し、これもエッチングによるダイアフラムの厚さにムラを生じる原因となる。

更にまた、電気的手段によりエッチングレートを測定しコントロールする方法も提案されているが、装置が複雑であるため生産性に欠ける。またこの方法では複雑な形状のパターン形成は不可能である。

そこで本発明者らは、シリコン基板表面に窒化膜又は酸化膜を形成した後、所望の厚さのシリコン薄膜を形成したものを出発材料とし、前記窒化膜又は酸化膜をエッチング停止層として異方向エッチングにより前記シリコン基板を裏面側から選択的に除去し所望の形状のシリコン肉厚部を形成する方法を提案した。(特願81-180151号)

かかる方法によれば極めて容易に制御性良くシリコン薄膜層を形成することができる。

一方、感圧抵抗層としては通常、単結晶シリコンが用いられている。この単結晶シリコンは成長条件に制約が大きい。そこで、まず形成の容易な多結晶シリコンを形成し、これをアニールによって結晶化するという方法も提案されている。(特開昭61-121478号)

しかしながら、表面全体をアニールする方法では、均一に制御性良く結晶化するのは困難であり、充分なセンサ特性が得られないという問題があった。

本発明は前記実情に鑑みてなされたもので、製造が容易かつセンサ特性の良好にピエゾ抵抗素子を用いた半導体圧力センサを提供することを目的とする。

〔問題点を解決するための手段〕

そこで本発明の方法では、シリコン基板表面に、窒化膜又は酸化膜を形成した後、所望の厚さの多結晶シリコン薄膜層を形成したSOI基板(silic

on on insulator)を出発材料とし、該SOI基板の表面に酸化シリコン等からなる所望の形状のマスクパターンを形成する工程とこのマスクパターンをマスクとして該多結晶シリコン薄膜層内に不純物を注入し、不純物領域を形成する工程と、該不純物領域を選択的にアニールし、結晶化する工程と、前記窒化膜又は酸化膜をエッチング停止層として異方性エッチングにより前記シリコン基板を裏面側から選択的に除去し所望の形状の多結晶シリコンの内薄部を形成する工程を含むようにしている。

〔作用〕

本発明の方法によれば、SOI基板のシリコン層は、単結晶ではなく多結晶とし、感圧抵抗層となる部分のみ選択的にアニールし結晶化するようにしているため、極めて容易に作業性良く高精度の感圧抵抗層パターンを形成することができる。

また、多結晶シリコンの内薄部をパターニングするためのエッチングストッパーとして、シリコンの異方性エッチャントに対して300倍以上の

選択比をもつ酸化シリコン又は窒化シリコン膜を用いているため、エッチング時間の余裕度が大きく、エッチャントに浸漬するだけで極めて容易に高精度の膜厚制御を行なうことが可能となる。また、エッチング停止層の膜厚を薄くすることができ全体としての厚さを小さくすることも可能である。

〔実施例〕

以下、本発明の実施例について図面を参照しつつ詳細に説明する。

第1図(a)乃至(g)は、本発明実施例の半導体圧力センサの製造工程について説明する。

まず、第1図(a)に示す如く、(100)方向に配向性を有する厚さ300 $\mu$ mのn型シリコン基板1上に、膜厚0.5 $\mu$ mの絶縁層としての第1の窒化シリコン膜2および膜厚10 $\mu$ mの多結晶シリコン膜3を順次堆積せしめてなるSOI(silicon on insulator)基板4を用意する。

次いで、第1図(b)に示す如く、熱酸化法により、前記SOI基板4の表面に膜厚0.5 $\mu$ mの

第1の酸化シリコン膜5を形成し、これをフォトリソグラフィによりパターニングし、拡散用の窓Wを形成する。

続いて、第1図(c)に示す如く、前記窓Wを介してボロン(B)拡散を行なった後、該第1の酸化シリコン膜をマスクとして前記窓内に形成された拡散領域にのみ、レーザ光を照射しアニールを行なうことにより、該拡散領域を結晶化し、p型シリコン拡散層からなる感圧抵抗層6を形成する。このとき感圧抵抗層6の表面には第2の酸化シリコン膜7が形成されている。

続いて、CVD法により第1図(d)に示す如く、SOI基板4の表面および裏面に第2の窒化シリコン膜8a、8bを堆積し、更にフォトリソグラフィにより表面側の第2の窒化シリコン膜8a(および前記第2の酸化シリコン膜7)に対しコンタクトホールHを穿孔する。

更に、電子ビーム蒸着法により、アルミニウム薄膜を形成し、これをフォトリソグラフィによりパターニングして配線パターン9を形成する。

(第1図(e))

このようにして、表面にピエゾ抵抗素子を構成するように感圧抵抗層8及び配線パターン9を形成した後、フォトリソエッチングにより、SOI基板の裏面側の第2の窒化シリコン膜8bをパターンニングする。(第1図(f))

そして最後に、この第2の窒化シリコン膜のパターンをマスクとして、水酸化カリウム(KOH)水溶液による異方性エッチングを行ない、前記第1の窒化シリコン膜2を露出せしめ、第1図(g)に示す如く、厚さ10μmのダイヤフラムとしての肉厚部10を形成し、半導体圧力センサが完成せしめられる。

ここで、窒化シリコン膜に対するn型シリコン基板1の、水酸化カリウムによるエッチング選択比は300倍以上であるため、前記第1の窒化シリコン膜が良好なエッチング停止層として働く。従ってエッチング時間の厳密な制御を必要とせずして、容易に再現性良く、高精度(±1μm)に厚さをコントロールしたダイヤフラム(肉厚部)を

てもよいことはいうまでもない。

加えて、実施例ではダイヤフラム上のセンサ(肉厚部)を有する半導体圧力センサについて説明したが、これに限定されるものではなく、第2図(a)および(b)に示す如くカンチレバービーム等のセンサ部形成を形成する等他の形状の半導体デバイスについても適用可能であることはいうまでもない。

〔効果〕

以上説明してきたように、本発明によれば、半導体圧力センサの形成に際し、シリコン基板上に絶縁層としての窒化膜又は酸化膜を介して多結晶シリコン膜が形成されたSOI基板を出発材料とし、感圧抵抗層となる領域に対し選択的に不純物を注入し、続いて、該領域に対し選択的にアニールし、結晶化すると共に、このようにして感圧抵抗層の形成のなされたSOI基板を、基板側から前記窒化膜又は酸化膜をエッチング停止層として異方性エッチングにより選択的にエッチングするようにしているため、再現性良く、センサ特性の

異えた半導体圧力センサを得ることができる。

また、エッチング停止層として用いられる窒化シリコン膜は、n型シリコン基板1および(多結晶)シリコン薄膜3との界面が極めてシャープである上、エッチング選択性が高いため厚くても充分であり、センサ特性を高めることが可能である。

また、感圧抵抗層の形成に際し、シリコン膜を多結晶シリコンで構成したSOI基板を出発材料とし、感圧抵抗層となる部分のみを選択的にアニールして結晶化するようにしているため、極めて容易に再現性の良い半導体圧力センサを形成することが可能となる。

なお、実施例では、SOI基板の絶縁層として窒化シリコン膜を用いたがこの他窒化ホウ素膜等の窒化膜、酸化シリコン膜等の酸化膜を用いてもよい。ちなみに酸化シリコン膜は、シリコンの異方性エッチングに用いられるエッチャントに対してエッチング速度が1/200倍以下である。

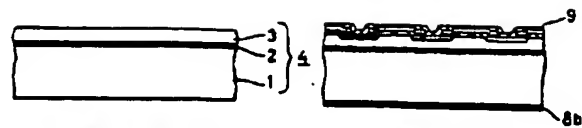
また、エッチャントとしては、水酸化カリウムに限定されることなく、他のエッチャントを用い

良好な半導体圧力センサを容易に形成することができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

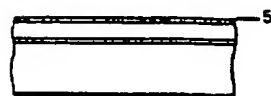
第1図(a)乃至(g)は、本発明実施例の半導体圧力センサ製造工程図、第2図(a)および(b)は、本発明の方法の他の適用例を示す図、第3図は、通常の半導体圧力センサの構造例を示す図、第4図(a)(b)および第5図(a)(b)は夫々、従来のダイヤフラム(肉厚部)の形成工程を示す図である。

101…ダイヤフラム、101a…拡散(抵抗)層、R…レジスト、200…n型シリコン基板、201…p+型シリコン層、202…シリコン薄膜層、202a…拡散層、1…n型シリコン基板、2…第1の窒化シリコン膜、3…多結晶シリコン薄膜層、4…SOI基板、5…第1の酸化シリコン膜、6…p型拡散層(感圧抵抗層)、7…第2の酸化シリコン膜、8a、8b…第2の窒化シリコン膜、9…配線パターン、10…肉厚部。

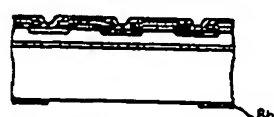


第1図 (a)

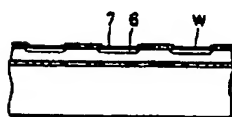
第1図 (e)



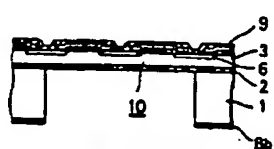
第1図 (b)



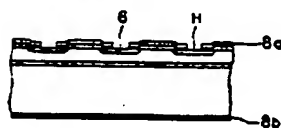
第1図 (f)



第1図 (c)



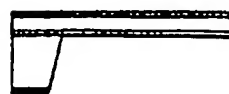
第1図 (g)



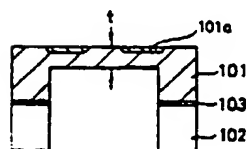
第1図 (d)



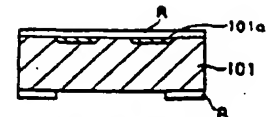
第2図 (a)



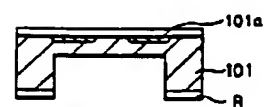
第2図 (b)



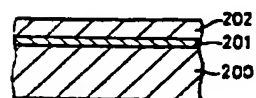
第3図



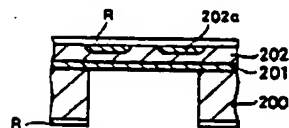
第4図 (a)



第4図 (b)



第5図 (a)



第5図 (b)



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: \_\_\_\_\_**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**